



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Übersetzung der  
europäischen Patentschrift

⑧7 EP 0 766 265 B 1

⑩ DE 696 01 683 T 2

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 21 C 17/06**  
G 01 B 7/14

- |    |   |              |
|----|---|--------------|
| ②1 | Deutsches Aktenzeichen:                               | 696 01 683.4 |
| ⑧6 | Europäisches Aktenzeichen:                            | 96 401 925.1 |
| ⑧6 | Europäischer Anmeldetag:                              | 9. 9. 96     |
| ⑧7 | Erstveröffentlichung durch das EPA:                   | 2. 4. 97     |
| ⑧7 | Veröffentlichungstag<br>der Patenterteilung beim EPA: | 10. 3. 99    |
| ④7 | Veröffentlichungstag im Patentblatt:                  | 15. 7. 99    |

③0 Unionspriorität:  
9511333                      27. 09. 95    FR

⑦3 Patentinhaber:  
Framatome, Courbevoie, FR; COGEMA,  
Velizy-Villacoublay, FR

⑦4 Vertreter:  
Beetz und Kollegen, 80538 München

⑧4 Benannte Vertragsstaaten:  
BE, DE, ES, FR, GB

⑦2 Erfinder:  
Petit, Christophe, 69003 Lyon, FR

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zum Messen mindestens einer charakterisierenden Länge eines Brennstabs an der Peripherie eines Kernbrennstabbündels

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 696 01 683 T 2

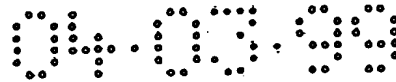
DE 696 01 683 T 2

EP 0 766 265

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Messen einer charakteristischen Länge an einem Brennstab eines Kernbrennstabbündels.

Die Kernbrennstabbündel für wassergekühlte Reaktoren und insbesondere für Reaktoren, die durch unter Druck stehendem Wasser gekühlt werden, weisen eine Struktur auf, in der die Brennstäbe in der Form eines Bündels gehalten werden, in dem die Brennstäbe alle parallel zueinander angeordnet sind.

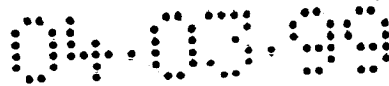
Jeder der Brennstäbe des Bündels der Kernbrennelemente weist eine rohrförmige Hülle auf, deren Durchmesser beispielsweise in der Nähe eines Zentimeters liegt und deren Länge in der Größenordnung von vier Metern sein kann. Die Hülle ist aus einem Material gebildet, das, wie eine Zirkoniumlegierung, die Neutronen schwach absorbiert. Das Kernbrennmaterial, das durch Uranoxid, angereichert mit spaltbarem Uran, gebildet werden kann, ist im Inneren der Hülle in Form einer Säule von verschmolzenen Tabletten aus Brennmaterial angeordnet, die, eine über der anderen, in axialer Richtung der Hülle gestapelt sind. Die Hülle des Brennstabs ist an einem ersten Ende durch einen Stopfen verschlossen, der an dem Endabschnitt der Hülle des Brennstabs angebracht und mit der Hülle verschweißt ist. Die Säule von Tabletten aus Brennmaterial, die im Inneren der Hülle angeordnet ist, wird durch eine ihrer Enden von einer, im wesentlichen ebenen Oberfläche des Stopfens im Inneren der Hülle getragen. Dieser erste Stopfen des Brennstabs, durch den die Säule von Tabletten aus Brennmaterial getragen wird, bildet den unteren Stopfen des Brennstabs, wenn der Brennstab im Inne-



ren einer Brennelementanordnung in Betriebsposition im Kern eines Kernreaktors oder in Lagerungsposition in einem Becken angeordnet ist.

Ein zweiter Stopfen, der als oberer Stopfen bezeichnet wird, ist am zweiten Ende der Hülle des Brennstabs angebracht und verschweißt, wobei dieser zweite Stopfen ebenfalls eine Oberfläche aufweist, die zum Inneren der Hülle gerichtet ist. Um eine gewisse Ausdehnung und eine gewisse Ausweitung der Tabletten aus Brennmaterial unter der Einwirkung der Hitze und der Kernreaktionen im Inneren des Kerns des Kernreaktors zu erlauben, ist die Säule von Tabletten aus Brennmaterial kürzer als der innere Raum der Hülle des Brennstabs zwischen der inneren Oberfläche des unteren Stopfens und der inneren Oberfläche des oberen Stopfens. Die Säule von Tabletten aus Brennmaterial wird im Inneren der Hülle durch eine Schraubenfeder gehalten, die zwischen die innere Oberfläche des oberen Stopfens und dem oberen Ende der Säule von Tabletten eingesetzt ist, die gegenüberliegend zum Ende der Säule angeordnet ist, welches von dem unteren Stopfen getragen wird. Im Betrieb des Kernreaktors sind die Brennstäbe einem Neutronenfluß unterworfen, der es erlaubt, Energie in dem Brennmaterial der Brennstäbe durch Kernreaktionen zu erzeugen. Die Neutronen, die durch die Kernreaktionen in den Tabletten aus Brennmaterial erzeugt werden, bilden den Neutronenfluß im Inneren des Kerns des Kernreaktors.

Die Säulen aus Brennmaterial erfahren aufgrund der Kernreaktionen und der Erhitzung im Kern des Reaktors Ausdehnungen und eine Ausweitung, die eine Verformung der Hülle des



Brennstäbe mit sich bringen können. Außerdem können die thermischen und mechanischen Spannungen, denen die Brennstäbe der KernBrennstabbündel im Kern des Kernreaktors unterworfen sind, Zerstörungen erzeugen, die zu der normalen Abnutzung der Brennstabbündel durch Verbrauch des spaltbaren Materials hinzukommen, so daß wenigstens ein Teil der Brennstabbündel nach einer gewissen Aufenthaltsdauer in dem Kern eines angeschalteten Reaktors ungeeignet für einen Gebrauch in den Brennstabbündeln im Kern werden.

Es wird in regelmäßigen Abständen ein erneutes Beladen des Kerns des Kernreaktors durchgeführt, das darin besteht, daß ein Teil der Bündel des Kerns (im allgemeinen ein Drittel) gegen neue Bündel ausgetauscht wird und daß die anderen Bündel des Kerns für eine neue Betriebsperiode des Kernreaktors in neue Positionen versetzt werden. Deshalb werden die Brennstabbündel, nach dem Abschalten des Kernreaktors, aus dem Kern herausgenommen und in ein Brennstab-Lagerungsbecken gesetzt.

Es ist notwendig, diverse Kontrollen an den Brennstabbündeln durchzuführen, bevor sie in dem Kern versetzt werden; diese Kontrollen erstrecken sich ebenso auf die Konstruktion der Träger der Brennstabbündel wie auch auf die Brennstäbe selbst.

Die Konstruktion oder Struktur der KernBrennstabbündel weist insbesondere Abstandsgitter auf, die sich entlang der Höhe der Brennstabbündel in gleichmäßigen Abständen untereinander erstrecken, die ein Netz von Zellen mit im allgemeinen viereckigen Maschen aufweisen, in jede von denen ein

04.03.99

Brennstab gesetzt ist, der im Inneren der Zelle durch Federn und durch Halte- bzw. Stützbeschläge gehalten wird.

Der Querschnitt der im allgemeinen viereckigen Brennstabbündel weist Reihen von Brennstäben auf, die zwei Richtungen mit einem 90°-Grad-Winkel dazwischen folgen. Nur die vier äußeren Reihen der Brennstäbe der Brennstabbündel sind von außen leicht erreichbar und können Ziel von Prüfungen sein, wie optischen Prüfungen oder Prüfungen durch Kontrollmethoden, die nicht zur Zerstörung führen. Diese Kontrollen bleiben rein qualitativ und erlauben es nicht, relative Messungen der Verformung der Brennstäbe und des Zustandes des Brennmaterials und der Feder im Inneren der Hüllen nach einer gewissen Zeit des Betriebszustandes des Kernreaktors zu erhalten.

Die Tatsache, daß man keine exakten Zahlenangaben erhalten kann schränkt die Wirksamkeit der Programme zur Prüfung des Brennmaterials in einem Kernreaktor ein.

In der US-A-3 967 382 wurde vorgeschlagen, Kontrollen an den Brennstäben der Brennstabbündel in Kontrollstationen im Inneren des Brennstablagierungsbeckens durchzuführen; aber um Kontrollen durchzuführen, ist es notwendig, die Brennstabbündel auseinanderzunehmen und die Brennstäbe herausziehen, um Prüfungen der abgebrannten Brennstäbe unter Wasser durchzuführen.

Das Messen gewisser charakteristischer Längen von Brennstäben nach einer Zeit des Aufenthalts in einem Kernreaktor kann von sehr großem Interesse sein, was die Kenntnis des

04.03.99

Verhaltens des Brennstabs im Kern eines Kernreaktors betrifft. Insbesondere kann es extrem vorteilhaft sein, die Länge der Säule aus Tabletten aus spaltbarem Brennmateri-  
al oder der spaltbaren Säule nach einer gewissen Zeit des Aufenthalts im Kern des Reaktors im Betriebszustand oder auch die Gesamtlänge des Brennstabs genau messen zu können.

Bisher war kein Verfahren zum Messen von charakteristischen Längen eines abgebrannten Brennstabs in einem Brennstabbündel bekannt, das unter Wasser im Inneren eines Beckens angeordnet ist.

Ziel der Erfindung ist es daher, ein Verfahren zum Messen wenigstens einer charakteristischen Länge an einem Brennstab vorzuschlagen, der am Umfang eines Kernbrennstabbündels angeordnet ist, wobei der Brennstab eine rohrförmige Hülle, eine Säule aus Tabletten aus Kernbrennmateri-  
al, die in axialer Richtung der Hülle gestapelt sind, einen ersten Schließstopfen oder unteren Stopfen an einem ersten Ende der Hülle, in Kontakt durch eine innere Oberfläche mit einem ersten Ende der Säule von Tabletten aus Brennmateri-  
al, einen zweiten Schließstopfen des zweiten Endes der Hülle, oder einen oberen Stopfen, und eine Schraubenfeder aufweist, die zwischen der inneren Oberfläche des zweiten Stopfens und einem zweiten Ende der Säule aus Tabletten aus Brennmateri-  
al im Inneren der Hülle gesetzt ist. Dieses Verfahren erlaubt es, auf sehr genaue Weise, eine charakteristische Länge, wie die Länge der spaltbaren Säule des Brennstabs oder die Gesamtlänge des Brennstabs, ohne die Demontage der Brennstabbündel und ohne das Herausziehen der Brennstäbe, zu bestimmen.

04.03.99

Zu diesem Zweck:

- wird eine Wirbelstromsonde entlang der axialen Richtung der Hülle des Brennstabs bewegt,
- wird eine erste Position der Wirbelstromsonde bezüglich einer Bezugsziffer oder -marke in der axialen Richtung bestimmt, in der ein Signal der Sonde dem Vorhandensein der inneren Oberfläche des ersten Stopfens auf dem Niveau der Sonde entspricht und es wird wenigstens eine zweite Position bestimmt, in der das Signal der Sonde dem Vorhandensein auf dem Niveau der Sonde von einem der nachfolgenden Elemente entspricht: Endabschnitt der Feder in Kontakt mit dem zweiten Ende der Säule von Tabletten, innere Oberfläche des zweiten Stopfens und
- wird die charakteristische Länge ausgehend von der ersten Position und der zweiten Position der Sonde, die bezüglich der Bezugsziffern definiert sind, berechnet.

Die Erfindung betrifft ebenfalls eine Vorrichtung, die es erlaubt, das erfindungsgemäße Meßverfahren im Inneren eines Beckens für gebrauchtes Brennmateriale eines Kernreaktors durchzuführen.

Um die Erfindung gut verstehen zu können, wird jetzt als Beispiel, aber nicht darauf beschränkt, unter Bezugnahme auf die Zeichnungen, die in der Anlage beigelegt sind, eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens beschrieben.

ben, das es erlaubt, die Länge der spaltbaren Säule und die Gesamtlänge irgendeines peripheren Brennstabs eines Brennstabbündels im Inneren des Brennstabbeckens eines Druckwasser-Kernreaktors zu bestimmen.

Die Figur 1 zeigt eine Schnittansicht durch eine vertikale Ebene eines Brennstabs eines Brennstabbündels eines Druckwasser-Kernreaktors.

Die Figur 2 zeigt eine Vorderansicht der Wirbelstrom-Vorrichtung, die es erlaubt, das erfindungsgemäße Verfahren durchzuführen.

Die Figur 2a zeigt eine schematische Ansicht von oben der Figur 2.

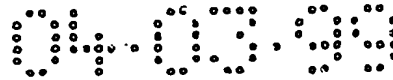
Die Figur 3 zeigt eine schematische Ansicht der Abfolge der Längenmessung, die der in Figur 2 gezeigten Vorrichtung zugeordnet ist.

Die Figur 4 zeigt eine Ansicht von oben gemäß 4 der Figur 5 der Wirbelstromsonde der Meßvorrichtung, die in Figur 3 gezeigt ist, in Kontakt mit einem peripheren Brennstab eines Brennstabbündels.

Die Figur 5 zeigt eine Seitenansicht gemäß 5-5. aus der Figur 4.

Die Figur 6 zeigt eine Ansicht eines axialen Schnitts der Wirbelstromsonde, die in den Figuren 4 und 5 gezeigt ist.

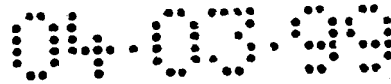




Die Figuren 7a, 7b und 7c zeigen graphische Aufzeichnungen, die bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Meßverfahrens erhalten wurden.

In Figur 1 ist mit der Bezugsziffer 1 ein Brennstab eines Kernbrennstabbündels eines Druckwasser-Kernreaktors bezeichnet. Der Brennstab aus Brennmaterial 1 weist eine röhrenförmige Hülle 2 aus einer Zirkoniumlegierung, wie Zircaloy 4, die einen Durchmesser in der Größenordnung eines Zentimeters und eine Länge in der Größenordnung von vier Metern aufweist. Um die Darstellung des Brennstabs in der Figur 1 zu erleichtern, wurden die Proportionen des Brennstabs stark modifiziert, wobei das Verhältnis des Durchmessers zur Länge des Brennstabs stark erhöht wurde.

Ein erster Stopfen 3 oder unterer Stopfen, ist an einem ersten Endabschnitt der Hülle 2 angebracht, deren Verschuß der Stopfen 3 sicherstellt. Der Stopfen 3 weist einen zylindrisch-kegelstumpfförmigen Abschnitt im Inneren der Hülle auf, dessen maximaler Durchmesser (Durchmesser des zylindrischen Abschnitts) in etwa gleich dem inneren Durchmesser der Hülle ist, so daß der Stopfen praktisch ohne Spiel an dem unteren Endabschnitt der Hülle angebracht ist. Der Abschnitt des Stopfens 3, der im Inneren der Hülle 2 angeordnet ist, endet mit einer ebenen Oberfläche 3a, die die kleine Basis des kegelstumpfförmigen Endes des inneren Abschnitts des Stopfens 3 bildet. Die Hülle 2 enthält eine Säule 4 aus Tabletten aus Kernbrennmaterial, die übereinander in axialer Richtung der Hülle 2 gestapelt sind. Zum Zweck der Vereinfachung wird eine Säule 4 aus einer vergleichsweise reduzierten Anzahl von Tabletten aus Brennma-



terial dargestellt. In Wirklichkeit enthält die Hülle eine sehr große Anzahl von übereinander gestapelten Tabletten 5. Die Tabletten 5 können beispielsweise aus einem spaltbaren Brennmateri al wie Uraniumoxid  $UO_2$  sein, das mit Uranium 235 angereichert ist, wobei sie durch Sintern erhalten werden. Ein erstes Ende der Säule aus Brennmateri al oder spaltbaren Säule 4 stützt sich auf die innere Oberfläche 3a des unteren Stopfens 3.

In das Innere des zweiten Endabschnitts der Hülle 2 des Brennstabs, der dem ersten Ende, das durch den Stopfen 3 verschlossen ist gegenüberliegt, wird ein oberer Stopfen 6 eingeführt, dessen Form etwa identisch ist zu der Form des unteren Stopfens 3 und der einen zylindrisch-kegelstumpfförmigen Abschnitt aufweist, der in das Innere der Hülle 2 eingesteckt ist und mit einer inneren ebenen Oberfläche 6a endet, die etwa senkrecht zur Achse der Hülle 2 ist.

Die Gesamtlänge in axialer Richtung der Säule 4 aus Tabletten aus spaltbarem Brennmateri al 5 ist geringer als die Länge der Hülle in axialer Richtung zwischen den internen Oberflächen 3a des unteren Stopfens 3 und 6a des oberen Stopfens 6.

Eine Schraubenfeder 7 ist zwischen das innere Ende 6a des oberen Stopfens 6 und das obere Ende der spaltbaren Säule 4 eingesetzt, das dem Ende der Säule gegenüberliegt, das auf die innere Oberfläche 3a des unteren Stopfens 3 gestützt ist. Die Feder 7, die zwischen das Ende 6a des Stopfens 6 und das obere Ende der spaltbaren Säule 4 komprimiert bzw. eingezwängt ist, stellt die Aufrechterhaltung der Tabletten



aus Brennmaterial im Inneren der Hülle 2 des Brennstabs 1 sicher.

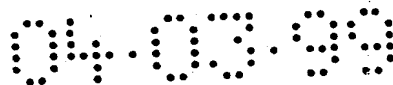
Nachdem der Stopfen 3 angebracht ist, wird die spaltbare Säule 4 durch Stapeln der Tabletten aus spaltbarem Brennmaterial verwirklicht, wobei die Basis der Säule auf die innere Oberfläche 3a des Stopfens 3 gestützt ist. Danach werden die Schraubenfeder 7 und der obere Stopfen 6 angebracht und die Stopfen werden an der Hülle verschweißt. Der Innenraum der Hülle 2 wird entleert bzw. evakuiert und mit inertem Gas gefüllt, ausgehend von dem oberen Stopfen 6, der anschließend dicht verschlossen wird.

Die Tabletten aus spaltbarem Brennmaterial 5 weisen einen Durchmesser auf, der kleiner ist als der innere Durchmesser der Hülle, so daß eine radiale Ausdehnung der Tabletten 5 bei der Ausweitung der Tabletten unter Bestrahlung in einem Kernreaktor im Betriebszustand möglich ist.

Die axiale Ausdehnung der spaltbaren Säule 4 wird durch die Schraubenfeder 7 kompensiert.

Nach einer gewissen Betriebszeit eines Brennstabbündels im Kern eines Kernreaktors können die Brennstäbe, die in der Konstruktion des Bündels angebracht sind, gewisse Zerstörungen erfahren, die sich in einer Verformung der Hülle 2 und durch eine Veränderung der Form und der Länge der spaltbaren Säule 4 ausdrücken.

Um das Verhalten der Brennstäbe in dem Reaktor im Betriebszustand bestens abschätzen zu können, kann es nötig sein,



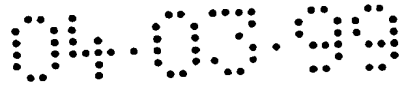
genaue Messungen der charakteristischen Längen des Brennstabs und insbesondere Messungen der Gesamtlänge des Brennstabs (Länge  $L_T$  in Figur 1) oder Messungen der Länge der spaltbaren Säule 4 ( $L_{CF}$  in Figur 1) durchzuführen.

Es kann extrem vorteilhaft sein, diese Messungen im Desaktivierungsbecken des Brennmaterials ohne Zerlegung des Brennstabbündels durchzuführen.

Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung erlauben es, solche Messungen im Abklingbecken an den Brennstäben durchzuführen, die am Umfang der Brennelementbündel angeordnet sind, und die aus dem Kern entfernt wurden und im Becken für verbrauchtes Brennmaterial gelagert werden.

Um die Messungen von charakteristischen Längen an den am Umfang eines Brennstabbündels angeordneten Brennstäben unter Einsatz des erfindungsgemäßen Verfahrens durchzuführen, kann man eine Vorrichtung wie sie in den Figuren 2 und 2a gezeigt ist, verwenden.

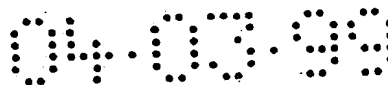
Die Meßvorrichtung, die im allgemeinen durch die Bezugsziffer 8 bezeichnet ist, weist eine Wirbelstromsonde 10 auf, die durch eine Halteanordnung 9, die nachfolgend beschrieben wird, getragen wird, und die selbst auf einen Träger 11 gestützt ist, der einstückig mit der Zelle 12 einer Rutsche des Beckens für verbrauchtes Brennmaterial eines Kernreaktors ausgebildet sein kann.



Wie in den Figuren 2 und 2a zu sehen ist, die die Meßvorrichtung 8 im Betriebszustand im Inneren des Lagerungsbeckens für verbrauchtes Brennmaterial eines Reaktors zeigen, weist die Wand 13 des Beckens im Inneren eines Gehäuses 14 in das Innere der Wand 13 des Beckens zurückgesetzt eine Rutsche 12 auf, die durch eine Zelle gebildet wird, die ein Brennstabbündel 15 aufnehmen kann und mit Mitteln verbunden ist, die eine Verschiebung in senkrechter Richtung im Inneren des senkrechten Gehäuses 14 in der Wand des Beckens erlauben, um die Abwärtsbewegung eines Brennstabbündels 15 auf den Boden des Beckens sicherzustellen. Die Brennstab-bündel können durch die Verladebrücke des Beckens für verbrauchtes Brennmaterial beladen werden, um in fixierte Zellen, die auf den Boden des Beckens für verbrauchtes Kernmaterial gestützt sind, gesetzt zu werden.

Die erfindungsgemäße Meßvorrichtung 8 wird in Verbindung mit einer Rutsche des Beckens für verbrauchtes Brennmaterial benutzt, wobei der Träger 11 Mittel aufweist, die seine Befestigung ("bridage") an dem oberen Abschnitt der Zelle 12 der Rutsche des Beckens für verbrauchtes Kernmaterial erlauben.

Der Träger 11 weist eine waagrechte Fläche auf, auf der ein Verschiebungstisch 16 ruht, der in zwei Richtungen, die im 90°-Grad-Winkel zueinander liegen, in der waagrechteten Ebene verschiebbar ist. Der Tisch 16 oder Tisch XY trägt eine vertikale Führungssäule 17, an der in vertikaler Richtung der Achse 18 beweglich ein Schlitten 19 befestigt ist, wodurch die Sonde 10 in vertikaler Richtung verschoben werden kann.



Die Vorrichtung, die beschrieben wird, erlaubt es, die Sonde 10 gegenüber irgendeines Brennstabs zu plazieren, der, so wie die Brennstäbe 1a, 1b oder 1c, die in der Figur 2a gezeigt sind, am Umfang des Bündels 15 angeordnet ist, durch ein Verschieben des Tisches XY 16 in seiner ersten waagrechten Verschiebungsrichtung X.

Die zweite Verschiebung in horizontaler Richtung (Verschiebung in Richtung Y) erlaubt es, die Wirbelstromsonde 10 rechtwinklig zu einer Fläche des Brennstabbündels 15 zu verschieben, zwischen einer Position in der die Sonde 10 in Kontakt mit einem Brennstab 1 des Brennstabbündels 15 kommt, wie in Figur 2 gezeigt, und einer zurückgezogenen Position, in der die Sonde 10 sich nicht in Kontakt mit dem Brennstab des Brennstabbündels befindet, wie in Figur 2a gezeigt.

Motoreinrichtungen 22, die vom Rand des Beckens für verbrauchtes Brennmaterial aus ferngesteuert werden, erlauben es, die Verschiebungen in Richtung X und Y der Meßvorrichtung 8, die die Sonde 10 aufweist, zu verwirklichen; die Verschiebungen in der senkrechten Richtung oder Verschiebungen in Richtung Y der Sonde 10 werden auf sehr präzise Weise und mit einer geringen Geschwindigkeit durch die Verwendung einer Motoreinrichtung 21 erreicht.

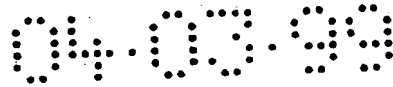
Die Verschiebungen der Sonde 10 in der vertikalen Richtung können ebenfalls mit großer Geschwindigkeit durchgeführt werden, wobei sich die Sonde 10 in ihrer zurückgezogenen Position befindet, die entfernt ist von den am Umfang des



Brennstabbündels 15 angeordneten Brennstäben, aufgrund der Rutsche 12, auf der der Träger 11 angeflanscht bzw. befestigt ist, an dem die Meßvorrichtung 8 und ihre Verschiebungsmittel angebracht sind. Die Verschiebung der Meßanordnung 8 mit großer Geschwindigkeit unter Verwendung der Rutsche erlaubt es, die Sonde 10 ungefähr gegenüber einer Meßzone des Brennstabs des Brennstabbündels 15 zu plazieren, wie dem unteren Stopfen, dem oberen Stopfen oder dem unteren Abschnitt der Haltefeder der spaltbaren Säule. Wenn eine ungefähre Positionierung der Sonde 10 gegenüber der Meßzone erreicht ist, wird die Rutsche angehalten und die Position wird in der vertikalen Richtung der Sonde 10, nachdem diese mit dem Brennstab 1, an dem die Messung durchgeführt wird, in Kontakt getreten ist, durch Verschiebung des Schlittens 19 mit sehr geringer Geschwindigkeit, genauer festgelegt.

Bei den Verschiebungen der Sonde 10 in vertikaler Richtung, wobei diese Verschiebungen mit großer oder mit geringer Geschwindigkeit durchgeführt werden können, wird die Position der Sonde 10 in der Richtung Z durch die Verwendung einer Markierung 20, die entlang der ganzen Wand des Beckens für Brennstoffmaterial in einer Anordnung, die an das vertikale Gehäuse 14 der Rutsche angrenzt, angebracht ist, auf sehr exakte Weise festgelegt.

Die Markierung 20 wird durch eine Meßeinrichtung gebildet, die flexibel in einem Gehäuse einer Wickeleinrichtung gelagert ist, die am oberen Niveau des Beckens angeordnet ist. Ein Ende der Meßeinrichtung ist am Schlitten 19 zur Verschiebung der Wirbelstromsonde 10 entlang Z befestigt und

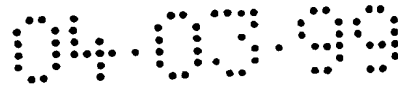


weist Skalierungen auf, die durch eine Verrechnungsvorrichtung 25 gelesen und verrechnet werden können. Die Verrechnungsvorrichtung 25, die am oberen Niveau des Beckens angeordnet ist, liefert ein Ausgangssignal in Form eines Rechteck-Impulses, wobei jeder der Impulse des Signals des Kodierers einem senkrechten Abstand von 0,1 mm entspricht. Es ist somit möglich, die Position der Sonde mit einer Genauigkeit von 0,1 mm zu bestimmen.

Zwei Videokameras 23 und 24 sind bestimmt bzw. vorgesehen, um auf dem oberen Niveau des Beckens auf einem Bildschirm ein Bild des Endabschnitts der Sonde 10 zu liefern, um deren Anbringung im Betriebszustand an den am Umfang des Bündels 15 angebrachten Stäben 1 zu überprüfen. Die Kamera 23 erlaubt ein Bild der Wirbelstromsonde 10 von oben und die Kamera 24 liefert ein Bild des Endes der Sonde 10 aus der Seitenansicht.

Der Träger 11 der Meßvorrichtung 8 und ihrer Mittel zur Verschiebung in Richtung X, Y und Z weist einen Haltering bzw. Haltegürtel, der seinerseits eine viereckige innere Öffnung aufweist, die den Durchtritt des Brennstabbündels erlaubt, wie auch Haltevorsprünge 26 zur Befestigung des Trägers 11 auf dem oberen Abschnitt der Zelle 12 der Rutsche auf. Die Haltevorsprünge 26, die mit den Bewegungsvorrichtungen verbunden sind, können von dem oberen Ende des Beckens für verbrauchtes Brennmaterial betrieben werden. Zwei Führungsrollen 27a und 27b sind an der oberen Oberfläche des Rings bzw. des Gürtels des Trägers 11 mittels drehbarer Träger befestigt, um die Verschiebungen des Trägers 11 bezüglich der externen, in etwa ebenen Flächen der Bün-



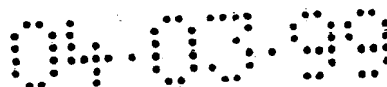


del 15 zu dem viereckigen Abschnitt zu führen. Die Träger der Führungsrollen 27a und 27b sind drehbar befestigt, um den Durchtritt der Rollen auf der Höhe der Gitter 28 der Bündel 15 zu erlauben, in denen die Brennstäbe der Bündel angeordnet sind, die so gemäß einem gleichmäßigen Gitter gehalten werden.

Die Wirbelstromsonde 10 ist an einem Träger angebracht, der auf dem Schlitten 19 der vertikalen Verschiebung fixiert ist und die Wirbelstromsonde ist mittels eines Meßkabels 29 mit einer Vorrichtung der elektrischen Stromversorgung und der Nutzung der Messungen verbunden, die am oberen Niveau des Beckens angeordnet ist. Die Kameras 23 und 24 wie auch die Verschiebungsvorrichtungen 21 und 22 sind ebenfalls mit Mitteln der Stromversorgung und der Steuerung verbunden, die am oberen Niveau des Beckens angeordnet sind. Somit kann aus der Entfernung die Stromversorgung der Sonde, die Sammlung der Meßsignale, die Sichtbarmachung des Endabschnitts der Sonde und der Versuchsablauf der Brennstäbe sowie die Steuerung der Verschiebungen der Sonde in Richtung X, Y und Z durchgeführt werden.

Die schnellen Verschiebungen der Sonde in Richtung Z werden durch die Steuerungsmittel der Rutsche des Beckens für Brennmaterial gesteuert.

In der Figur 3 ist auf schematische Weise die Meßkette gezeigt, die mit der in Figur 2 gezeigten Meßvorrichtung verbunden ist und am oberen Niveau des Beckens angeordnet ist. Die Meßkette weist eine Einheit 30, die als Wirbelstromsonden-Gerät bezeichnet wird, auf, die die Mittel der Strom-



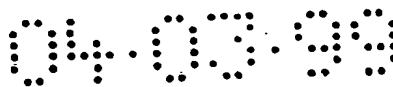
versorgung der Wirbelstromsonde und die Sammlung der Meßsignale mittels des Kabels 29 zusammenschließt. Weiterhin weist sie eine Einheit 31 zur Sichtbarmachung der Signale der Wirbelstromsonde und einen graphischen Speicher 32 dieser Signale auf.

Das Wirbelstromsonden-Gerät 30 weist zwei Ausgangsleitungen auf, die als Ausgang X und Ausgang Y bezeichnet werden und die parallel mit der Einheit zur Sichtbarmachung 31 und dem Speicher 32 verbunden sind.

Die Meßkette weist weiterhin eine Einheit zur Datenanzeige 33 auf, die mit dem höherliegenden Kodierer 25 der Meßvorrichtung verbunden ist, und die es erlaubt, die Höhe der Wirbelstromsonde 10 im Inneren des Beckens für verbrauchtes Kernmaterial mit einer Genauigkeit von 0,1 mm anzuzeigen. Ein Mikro-Computer 34 erlaubt die Steuerung des Meßprogramms und die Speicherung der Meßergebnisse an den verschiedenen, am Umfang angeordneten Brennstäben der Brennstabbündel, an denen die charakteristischen Längenmessungen durchgeführt werden.

Die Kontroll- und Meßstelle, die am oberen Niveau des Beckens angeordnet ist, weist weiterhin Bildschirme zur Sichtbarmachung auf, die es erlauben, an den Meßrechner Bilder von dem Ende der Sonde, die von den Videokameras 23 und 24 stammen, zu liefern.

In den Figuren 4 und 5 ist die Wirbelstromsonde 10 gezeigt, deren Endabschnitt 10a den Meßkopf bildet und die sich mit



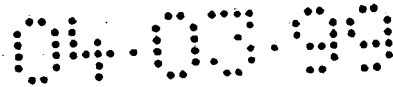
einem Brennstab 1 des KernBrennstabbündels 15, an dem Längenmessungen durchgeführt werden, in Kontakt befindet.

Der Meßkopf 10a der Wirbelstromsonde 10 weist eine gezahnte Form und eine in etwa zylindrische Kontaktoberfläche auf, die einen perfekten Kontakt und eine perfekte Kopplung zwischen dem Meßkopf und der Oberfläche der Hülle des Brennstabs 1 erlauben.

Der Meßkopf 10a kann aus Zirkoniumoxid  $ZrO_2$  oder Zirkon bestehen.

In Figur 6 sieht man die Sonde 10, deren Meßkopf 10a den Endabschnitt bildet, der in Kontakt kommt mit der Hülle des Brennstabs 1, und die Sonde 10 weist ein Gehäuse auf, um einen Endabschnitt einer Meßspule aufzunehmen, die einen Eisenkern und zwei Wicklungen 35 und 35' aufweist, die um den Eisenkern in der Weise gewickelt sind, daß sie die gleiche Achse aufweisen und in vertikaler Richtung voneinander beabstandet sind. Das zweite Ende der Spule neben der Wicklung 35' ist in einem Hohlraum des Trägers 36 angeordnet.

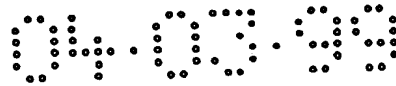
Die Meßspule 35, 35', der Meßkopf 10a und der Träger 36 sind im Inneren eines beweglichen Trägers 37 angebracht, der in axialer Richtung 38 der Sonde, im Inneren eines Hauptkörpers der Sonde 39 gleitend angebracht ist. Der bewegliche Träger 37 und der Hauptkörper 39 der Sonde weisen eine zylindrische Form auf und besitzen als gemeinsame Achse die Achse 38 der Sonde. Der Hauptkörper der Sonde 39 weist eine Längsrille 40 in axialer Richtung auf, in der



ein Führungsstück 41 angebracht ist, welches einstückig mit dem beweglichen Träger 37 ausgebildet ist. Das Führungsstück 41 ist in Umfangsrichtung mit einem gewissen Spiel im Inneren der Rille 40 angebracht. Auf diese Weise kann sich der bewegliche Träger 37, der in der axialen Richtung 38 an dem Körper der Sonde 39 angebracht ist, nur in eingeschränkter Weise um die Achse 38 herum drehen. Der Meßkopf 10a und insbesondere das Ende in Form eines zylindrischen Hohlraums erhalten so eine Orientierung bezüglich der senkrechten Brennstäbe 1 des Kernbrennstabbündels, die die Anordnung des Hohlraums an einem Brennstab, um die Messungen durchzuführen, erlaubt, mit einer gewissen Bewegungsfreiheit bei der Drehbewegung, um sich an das Profil des Brennstabs anzupassen.

Im Inneren des beweglichen Trägers 37 ist ein Druckteil 42 befestigt, welches einen V-förmigen Abschnitt, der zur Meßspule 35, 35' gerichtet ist, aufweist. Ein geeichtes Rohr mit der Bezugsziffer 44, das aus einem Abschnitt einer Hülle eines Brennstabs, der dem Brennstab 1 analog ist, gebildet ist, ist zwischen der Druckvorrichtung 42 und dem Träger 36 des Endabschnitts der Wicklung 35' der Spule, die dem Meßkopf 10a gegenüberliegt, eingesetzt.

An den Endabschnitt des Hauptkörpers 39 der Sonde 10 ist ein ringförmiges Anschlagteil 43 angeschraubt. Eine Schraubenfeder 45 ist zwischen das Anschlagteil 43 und die Druckvorrichtung 42 eingesetzt. Die Schraubenfeder 45 erlaubt die Verschiebungen des beweglichen Trägers 37 und des Meßkopfes 10a der Sonde 10 bezüglich des Hauptkörpers 39, der einstückig mit dem Träger der Sonde ausgebildet ist, ebenso



bei dem Andocken während der Verschiebungen der Sonde 10 in der vertikalen Richtung. Die Feder 45 übt einen Druck auf den mobilen Träger 37 und auf den Meßkopf 10a in der Weise aus, daß der Meßkopf 10a sich durch seine Oberfläche des zylindrischen Endes in perfektem Kontakt mit der äußeren Oberfläche der Hülle des Brennstabes 1, an dem die Messungen durchgeführt werden, befindet. Durch diese Befestigung wird die Ausübung einer überhöhten Kraft mittels der Sonde auf die Hülle des Brennstabs und mittels des Brennstabs auf die Haltefedern des Brennstabs in den Zellen des Gitters der Brennstabbündel verhindert. Man vermeidet ebenso jede plastische Verformung der Haltefedern der Brennstäbe des Brennstabbündels während der Durchführung der Messungen an den, am Umfang angeordneten Brennstäben.

Deswegen weist der verschiebbare Schlitten in Y-Richtung der Meßvorrichtung 8, der das Vorrücken der Sonde 10 in Richtung der am Umfang angeordneten Brennstäbe 1 des Brennstabbündels sicherstellt, einen vorderen Halteanschlag in einer Position auf, so daß, in seiner am meisten vorgerückten Position, der verschiebbare Schlitten in Y-Richtung eine Herstellung des Kontakts des Meßkopfes 10a der Sonde 10 mit dem Brennstab 1 und eine Kompression der Feder 45 herbeiführt, so daß die Kraft, die durch den Meßkopf 10a der Sonde auf den Brennstab 1 ausgeübt wird, höchstens 10 N ist.

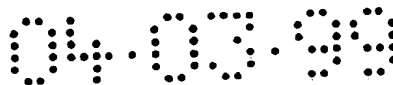
Außerdem ist die Feder 45, für den Fall daß die Haltevorrichtung des verschiebbaren Schlittens in Y-Richtung nachläßt, mit einer Konstante versehen, so daß die Kraft, die auf den Meßkopf durch die maximal komprimierte Feder ausge-



übt wird, d. h., wenn der Führungszapfen 41 in den Anschlag am Grund bzw. am Ende der Rille des Hauptkörpers 39 geschoben wird, maximal 25 N beträgt.

Wie in den Figuren 5 und 6 gezeigt ist, weist der Meßkopf 10a an seinem oberen Abschnitt und an seinem unteren Abschnitt zwei schrägverlaufende Kontaktoberflächen auf, die um 45° Grad bezüglich der Achse 38 der Sonde geneigt sind. Bei den Verschiebungen in der vertikalen Richtung der Sonde 10, die sich in Kontakt mit einem, am Umfang des Brennstabbündels angeordneten Brennstab befindet, erlauben es die geneigten Abschnitte der Sonde, die Gitter der Anordnung, deren Umfangsgurt leicht bezüglich der Hüllen der am Umfang der Brennstabbündel angeordneten Brennstäben vorspringt, ohne weiteres zu passieren bzw. zu überschreiten. Die Überschreitung wird dadurch ermöglicht, daß die schrägen Oberflächen des Meßkopfs 10a mit dem Umfangsgurt des Abstandsgitters insbesondere auf dem Niveau der Führungslaschen der Brennstabbündel in Kontakt gebracht werden, deren Neigung identisch ist zu der Neigung der schrägen Abschnitte des Meßkopfes 10a, und eine Verschiebung des beweglichen Trägers 37 der Sonde nach hinten geht mit einer Kompression der Feder 45 einher.

Die Meßwicklungen 35 und 35', die in der axialen Verlängerung nacheinander angeordnet sind, werden mit Wechselstrom während der Messungen auf charakteristische Weise versorgt, und sie werden in die Nachbarschaft der äußeren Oberfläche des Brennstabs, an dem die Messungen durchgeführt werden, verschoben. Die Veränderungen bzw. Schwankungen des Wirbelstroms, der in dem Brennstab gegenüber der Sonde fließt,



treiben die Veränderungen bzw. Schwankungen des Wechselstromwiderstandes der Sonde an, was erlaubt, gewisse charakteristische Elemente im Inneren der Hülle des Brennstabs zu lokalisieren, der sich in Funktion des Signals befindet, das durch die Wirbelstromsonde geliefert wird.

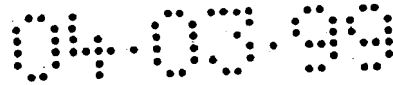
Insbesondere können charakteristische Signale klar herausgestellt werden, wenn sich die Sonde gegenüber der inneren Oberfläche des unteren Stopfens oder des oberen Stopfens befindet und ebenfalls wenn sich die Sonde gegenüber dem unteren Abschnitt der Feder, die auf die Säule aus spaltbaren Tabletten gestützt ist, befindet.

Das charakteristische Signal kann je nach Fall entweder durch die Ausgangsleitung X oder durch die Ausgangsleitung Y des Wirbelstromapparates erhalten werden.

In den Figuren 7A, 7B und 7C sind die charakteristischen Signale gezeigt, die durch die Ausgangsleitung X und durch die Ausgangsleitung Y des Wirbelstromapparats erhalten werden, gegenüber der Skala, die der vertikalen Richtung folgt, und die die Höhe der Sonde auf 0,1 mm genau angibt.

Die in den Figuren 7A, 7B und 7C gezeigten Signale werden auf dem Bildschirm der Darstellungseinheit 31 der Meßkette erhalten.

In der Figur 7A sind die Signale 50 und 51, die von den Ausgängen X und Y des Wirbelstromapparates 30 stammen, gezeigt, wenn sich die Sonde 10 gegenüber der inneren Ober-



fläche 3a des unteren Stopfens 3 eines Brennstabs 1, so wie er in Figur 1 gezeigt ist, befindet.

Das Signal 51 der Leitung Y des Wirbelstromapparats weist ein sehr klares Maximum auf, welches es erlaubt, auf sehr exakte Weise die Höhe der inneren Oberfläche 3a, die das untere Ende der spaltbaren Säule 4 bildet, zu bestimmen.

In Figur 7B sind die Signale der Ausgänge 52 bzw. 53 von den Leitungen X bzw. Y des Wirbelstromapparats gezeigt, wenn sich die Sonde gegenüber dem unteren Ende der Feder 7 des Brennstabs 1, der mit dem oberen Ende der spaltbaren Säule 4 in Kontakt kommt, befindet. Der oberste Punkt bzw. der Scheitelpunkt des Signals 52, das von der Leitung X des Wirbelstromapparats stammt, erlaubt es, die Position des unteren Endes der Feder, d. h. die Position des oberen Endes der spaltbaren Säule 4 mit sehr großer Präzision zu bestimmen.

Schließlich sind in Figur 7C die Signale 54 bzw. 55 gezeigt, die die Signale der Ausgangsleitungen X bzw. Y des Wirbelstromapparats sind, wenn sich die Sonde 10 gegenüber der inneren Oberfläche 6a des oberen Stopfens 6 des Brennstabs 1 befindet.

Der Scheitelpunkt des Signals 55 der Ausgangsleitung Y erlaubt es, die Position der inneren Oberfläche 6a des oberen Stopfens 6 mit einer sehr großen Präzision zu bestimmen.

Wenn die charakteristischen Signale der Anwesenheit der Sonde gegenüber der inneren Oberfläche des unteren Stop-





fens, des unteren Endes der Feder und der inneren Oberfläche des oberen Stopfens auf dem Bildschirm der Darstellungseinheit erscheinen, erfährt man die Höhe der Sonde, und sie wird durch den Höhenkodierer gespeichert.

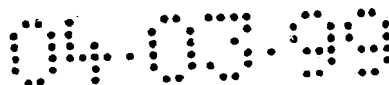
Die jeweiligen Höhen der Sonde, wenn sie die innere Oberfläche des unteren Stopfens, die untere Oberfläche der Feder bzw. die innere Oberfläche des oberen Stopfens ortet, sind durch  $Z_B$ ,  $Z_R$  bzw.  $Z_H$  bezeichnet. Es ist möglich, die Gesamtlänge des Stabes  $L_T$  und die Länge der spaltbaren Säule  $L_{CF}$  durch die folgenden Formeln zu bestimmen:

$$L_T = Z_H - Z_B + 29,4 \text{ und}$$

$$L_{CF} = Z_R - Z_B.$$

Tatsächlich kennt man die Gesamtlänge in axialer Richtung des unteren Stopfens und des oberen Stopfens; diese Länge beträgt 2,4 mm. Man hat an anderer Stelle die Höhen  $Z_B$ ,  $Z_R$  und  $Z_H$  in Millimetern bestimmt, so daß die Formeln, die oben angegeben sind, erlauben, die Gesamtlänge des Stabes und die Länge der spaltbaren Säule in Millimetern mit einer Präzision in der Größenordnung von 0,1 mm zu bestimmen.

Um das erfindungsgemäße Verfahren an der Anordnung der am Umfang angeordneten Brennstäbe eines Brennstabbündels, das am Grund bzw. am Boden des Beckens für gebrauchtes Brennmaterial lagert, einzusetzen, verwendet man die Lagerbrücke des Beckens für gebrauchtes Brennmaterial, um das Brennstabbündel zu übernehmen und es, der Achse der Zelle 12 der Rutsche folgend, an dem oberen Abschnitt anzuordnen, an dem



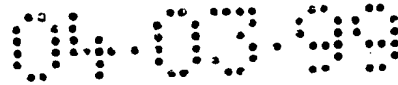
der Träger der Meßvorrichtung, so wie es in Figur 2 gezeigt ist, angebracht bzw. angeflanscht ist.

Das Brennstabbündel ist so ausgerichtet, daß eine seiner am Umfang angeordneten Oberflächen senkrecht zur Achse 28 der Sonde ausgerichtet ist, die an dem Verschiebungsschlitten 19 vertikal zur Meßvorrichtung 8 angebracht ist. Das Brennstabbündel wird anschließend in dieser Position durch die Lagervorrichtung, an der es hängt, gehalten.

Die Sonde wird durch den Rückzug des Verschiebungsschlittens in Richtung Y des Tisches XY 16 in eine zurückgezogene Position gebracht. Durch die Verschiebung des Tisches XY in X-Richtung ordnet man die Achse der Sonde 10 gegenüber eines ersten, am Umfang angeordneten Brennstabs des Brennstabbündels 15 an, das mit einem Ende der am Umfang angeordneten Fläche zur Meßsonde weist.

Durch Verwendung der Rutsche wird eine annähernde Anordnung der Sonde 10 gegenüber dem unteren Abschnitt des Brennstabs, der durch den unteren Stopfen verschlossen ist, erreicht.

Durch Verschiebung in Y-Richtung der Sonde nach vorne, wird erreicht, daß der Meßkopf 10a der Sonde 10 mit der äußeren Oberfläche der Hülle des Brennstabs in Kontakt kommt. Die Wirbelstromsonde wird mit Strom versorgt, und die durch die Sonde gelieferten Signale werden während einer Verschiebung mit sehr geringer Geschwindigkeit in vertikaler Richtung geortet, wobei der Verschiebungsschlitten 19 in der Z-Richtung verschoben wird. Die Verschiebung des Schlittens 19 in

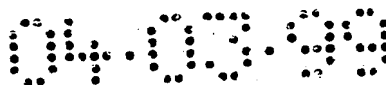


Z-Richtung sowie seine Mittel zur Führung und zur Verschiebung werden auf die Weise erreicht, daß eine maximale Verschiebung der Sonde in Z-Richtung mit einer Geschwindigkeit in der Größenordnung von 1 mm/sec auf einer Strecke von 100 bis 150 mm erreicht wird.

Wenn das charakteristische Signal der Anwesenheit der inneren Oberfläche 3a des unteren Stopfens 3, so wie es in Figur 7A gezeigt ist, geortet wird, wird die Höhe  $Z_B$ , die durch den Höhenkodierer angegeben wird, registriert.

Folglich wird ein Rückzug der Sonde, um sie von dem Brennstab zu entfernen, bezüglich des Führungsrohres durch Verschiebung der Sonde in Y-Richtung durchgeführt.

Anschließend wird die Rutsche verwendet, um die Meßvorrichtung 8, die an dem Träger 11 befestigt ist, der einstückig mit der Zelle 12 ausgebildet ist, in vertikaler Richtung zu verschieben, bis die Wirbelstromsonde eine Höhenposition erreicht hat, die nahe der theoretischen Höhenposition an der Spitze der spaltbaren Säule 4 liegt. Anschließend wird versucht, das repräsentative Signal des unteren Abschnitts der Feder 7 zu orten, die die Brennstabtablettens hält, so wie es in Figur 7B gezeigt ist, dadurch daß die Sonde mit geringer Geschwindigkeit in vertikaler Richtung verschoben wird, nachdem sie wieder in Kontakt mit dem Brennstab 1 durch Verschiebung in Y-Richtung nach vorne gebracht wurde. Die Ortung des Signals 52, das repräsentativ ist für den unteren Abschnitt der Feder, erlaubt es, die Höhe  $Z_R$  zu bestimmen.



Schließlich wird die Sonde in die zurückgezogene Position zurückgesetzt und die gesamte Meßvorrichtung wird bis in die Nähe des oberen Abschnitts des Brennstabs verschoben, um die Höhe  $Z_H$  der inneren Oberfläche 6a des oberen Stopfens 6 zu bestimmen.

Anschließend kann sowohl die Gesamtlänge  $L_T$  des Brennstabs, die Länge der spaltbaren Säule  $L_{CF}$  als auch die beiden charakteristischen Längen des Brennstabs bestimmt werden, dadurch daß die Rechenformeln, die weiter oben erwähnt sind, angewendet werden.

Selbstverständlich können alle Vorgänge des Herausfindens von Daten bezüglich der gegebenen Höhe der Sonde und der Berechnung der charakteristischen Längen der Brennstäbe auf automatische Weise erhalten werden, in dem die Meßkette, die in Figur 3 gezeigt ist, verwendet wird. Die gemessenen charakteristischen Längen werden ebenfalls gespeichert mit einer Kennnummer des Brennstabbündels.

Die gleichen Verschiebungen der Sonde, die Ortung der Signale und die Höhenmessung werden für jeden, der am Umfang angeordneten Brennstäbe an der Seite des Brennstabbündels 15 durchgeführt, die gegenüber dem Meßapparat liegt.

Anschließend kann eine Drehbewegung um 90° Grad der Brennstabbündel, die an der Winde der Lagerbrücke hängen, durchgeführt werden, um die gleichen aufeinanderfolgenden Prozesse an jedem, der am Umfang angeordneten Brennstäbe, die in einer zweiten Seite des Brennstabbündels liegen, durchzuführen.

Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt es somit, auf schnelle und sehr präzise Weise, charakteristische Längen von, am Umfang von Brennstabbündeln angeordneten, strahlenden Brennstäben, die in dem Becken für gebrauchtes Brennmaterial eines Kernreaktors gelagert werden, zu erhalten.

Die Erfindung ist nicht auf die Ausführungsformen, die beschrieben wurden, beschränkt.

So ist es möglich, charakteristische Längen von Brennstäben zu messen, die unterschiedlich sind zur Gesamtlänge des Brennstabs und der Länge der spaltbaren Säule, dadurch daß charakteristische Signale der Anwesenheit der Sonde gegenüber einer bestimmten Zone des Brennstabs, die an einem bestimmten Ort entlang seiner Länge angeordnet ist, geortet werden.

Die Verschiebungen der Meßvorrichtung entlang der Länge des Brennstabs und die Ausrichtung der Sonde bezüglich der Brennstäbe, an denen Messungen durchgeführt werden, können erhalten werden, indem andere Vorrichtungen als ein kreuzförmig XY beweglicher Tisch und ein Verschiebungsschlitten in der vertikalen Z-Richtung verwendet werden.

Ebenso können die schnellen Verschiebungen der Meßvorrichtung entlang der Länge der Brennstäbe der Brennstabbündel durch eine andere Vorrichtung als eine Rutsche der Brennstabbündel erreicht werden.

Die Wirbelstromsonde kann eine andere Struktur, als jene die beschrieben wurde, aufweisen.

In gewissen Fällen ist es möglich, Korrekturen der Höhenmessungen der Sonde entlang der Positionen von Brennstäben an, der am Umfang angeordneten Oberfläche der Brennstabbündel durchzuführen.

Die Erfindung kann für Längenmessungen an, am Umfang von KernBrennstabbündeln angeordneten Brennstäben eines unterschiedlichen Typs von KernBrennstabbündeln, wie sie gewöhnlicherweise in Kernreaktoren, mit unter Druck stehendem Wasser, verwendet werden, angewendet werden.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Messen wenigstens einer charakteristischen Länge an einem Brennstab (1, 1a, 1b, 1c), der am Umfang eines Kernbrennstabbündels angeordnet ist, ohne Demontage der Brennelementanordnung und ohne Herausziehen der Brennstäbe, wobei der Brennstab eine rohrförmige Hülle (2), eine Säule (4) aus Tabletten (5) aus nuklearem Brennmaterial, die in axialer Richtung der Hülle (2) gestapelt sind, einen ersten Schließstopfen (3) oder unteren Stopfen, an einem ersten Ende der Hülle (2), in Kontakt durch eine innere Oberfläche (3a) mit einem ersten Ende der Säule (4) von Tabletten (5) aus Brennmaterial, einen zweiten Schließstopfen (6) des zweiten Endes der Hülle (2), oder einen oberen Stopfen, und eine Schraubenfeder (7) aufweist, die zwischen der inneren Oberfläche (6a) des zweiten Stopfens (6) und einem zweiten Ende der Säule (4) der Tabletten (5) aus Brennmaterial im Inneren der Hülle (2) gesetzt ist, dadurch gekennzeichnet:

- daß eine Wirbelstromsonde (10) entlang der axialen Richtung der Hülle (2) des Brennstabs (1) bewegt wird,
- daß eine erste Position der Wirbelstromsonde (10) bezüglich einer Bezugsziffer oder -marke (20) in der axialen Richtung bestimmt wird, in der ein Signal der Sonde (10) dem Vorhandensein der inneren Oberfläche (3a) des ersten Stopfens (3) auf

31 04 03 99

dem Niveau der Sonde (10) entspricht, und wenigstens eine zweite Position bestimmt wird, in der das Signal der Sonde (10) dem Vorhandensein auf dem Niveau der Sonde (10) von einem der nachfolgenden Elemente entspricht: Endabschnitt der Feder (7) in Kontakt mit dem zweiten Ende der Säule (4) von Tabletten (5), Oberfläche (6a) des zweiten Stopfens (6), und

- daß die charakteristische Länge ausgehend von der ersten Position und der zweiten Position der Sonde (10), die bezüglich der Bezugsziffern (20) definiert sind, berechnet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Signal der Sonde (10) in der zweiten Position dem Vorhandensein auf der Höhe der Sonde (10) der inneren Oberfläche (6a) des zweiten Stopfens (6) entspricht, und daß die gesamte Länge ( $L_T$ ) des Brennstabs (1) ausgehend von einem Parameter ( $Z_S$ ), der der Position in der axialen Richtung der inneren Oberfläche des ersten Stopfens (3) entspricht, von einem zweiten Parameter ( $Z_M$ ), der der Position in der axialen Richtung des Brennstabs der inneren Oberfläche (6a) des zweiten Stopfens (6) entspricht, und der Summe der Längen in der axialen Richtung des ersten Stopfens (3) und des zweiten Stopfens (6), berechnet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in der zweiten Position die Sonde (10) sich gegenüber dem unterem Abschnitt der Feder (7) befindet, und daß



die Länge ( $L_{CF}$ ) der spaltbaren Säule (4) des Brennstabs (1) ausgehend von einem Parameter ( $Z_S$ ), der der Position (10) der inneren Oberfläche (3a) des ersten Stopfens (3) entspricht und von einem zweiten Parameter ( $Z_R$ ), der der Position in der axialen Richtung des unteren Abschnitts der Feder (7) in Kontakt mit dem zweiten Ende der spaltbaren Säule (4) entspricht, berechnet wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Kernbrennelementanordnung (15) in eine Anordnung gesetzt wird, in der die axiale Richtung der Brennstäbe vertikal ist, im Inneren eines Speicherbeckens der benutzen Brennelemente eines Kernreaktors.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennelementanordnung entlang der Achse einer Abfallablaßeinrichtung angeordnet ist, die in einer vertikalen Richtung entlang einer Seitenwand eines Speicherbeckens von gebrauchten Brennelementen eines Kernreaktors angeordnet ist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Wirbelstromsonde (10) mit großer Geschwindigkeit in einer ersten Zeit derart bewegt wird, daß sie in die Nähe der ersten oder der zweiten Position bezüglich des Umfangs des Brennstabs (1) der Brennelementanordnung (15) plaziert wird, in der axialen Richtung des Brennstabs (1), sodann mit einer Geschwindigkeit, die erheblich unterhalb der ersten

liegt, in der Nähe der ersten oder der zweiten Position bewegt wird.

7. Vorrichtung zum Messen wenigstens einer charakteristischen Länge an einem Brennstab (1), der am Umfang einer Kernbrennelementanordnung (15) angeordnet ist, ohne Demontage der Brennelementanordnung und ohne Herausziehen der Brennstäbe, wobei der Brennstab (1) eine rohrförmige Hülle (2), eine Säule (4) von Tabletten (5) aus Kernbrennelementmaterial, die in der Axialrichtung der Hülle (2) gestapelt sind, einen ersten Schließstopfen (3) oder unteren Stopfen, bei einem ersten Ende der Hülle (2), in Kontakt über eine innere Oberfläche (3a) mit einem ersten Ende der Säule (4) von Tabletten (5) aus brennbarem Material, einen zweiten Stopfen (6) zum Schließen der zweiten Öffnung der Hülle (2), oder oberen Stopfen, und eine Schraubenfeder (7) aufweist, die zwischen einer inneren Oberfläche (6a) des zweiten Stopfens (6) und einem zweiten Ende der Säule (4) von Tabletten (5) aus brennbarem Material, im Inneren der Hülle (2) eingezwängt ist, dadurch gekennzeichnet, daß sie aufweist:

- eine Wirbelstromsonde (10),
- Bewegungseinrichtungen (12, 16, 19) der Wirbelstromsonde (10) in eine axiale Richtung des Brennstabes (1) der Brennelementanordnung (15) und in zwei Richtungen einer Ebene senkrecht zur axialen Richtung des Stabes, und

- Bestimmungseinrichtungen (20, 25) der Position der Sonde (10) in der axialen Richtung des Stabes (1) der Brennelementanordnung (15).
- 
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Bewegungseinrichtungen der Sonde (10) in der Axialrichtung des Brennstabes (1) der Brennelementanordnung (15) Einrichtungen zum Bewegen (12) bei einer ersten Geschwindigkeit und Einrichtungen zum Bewegen (19, 21) bei einer zweiten Geschwindigkeit aufweist, die wesentlich geringer ist als die erste Geschwindigkeit.
  9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Bewegungseinrichtungen (16, 22) der Sonde (10) in zwei Richtungen einer Ebene senkrecht zur Richtung des Brennstabes (1) der Brennelementanordnung (15), durch einen Tisch mit sich kreuzenden Bewegungen gebildet sind, der Schlitten aufweist, die in zwei um 90° zueinander versetzte Richtungen einer selben Ebene beweglich sind.
  10. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Bewegungseinrichtung der Wirbelstromsonde (10) in die axiale Richtung des Brennstabes (1) der Brennelementanordnung aus einer Rutsche (12) eines Speicherbeckens von abgenutzten Brennelementen eines Kernreaktors gebildet ist.
  11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß sie einen Träger (11) aufweist, der mit Anhängerein-

richtungen (26) auf einem beweglichen Hohlraum (12) der Rutsche versehen ist, und eine horizontale Platte aufweist, auf der in einer ersten horizontalen Richtung ein erster Schlitten eines Tisches mit sich kreuzenden Bewegungen (16) montiert ist, auf dem eine zweite Platte des beweglichen Tisches mit sich kreuzenden Bewegungen in eine zweite horizontale Richtung senkrecht zur ersten Richtung angebracht ist, wobei der zweite Schlitten des Tischen mit sich kreuzenden Bewegungen (16) eine Säule (17) trägt, auf der beweglich in eine vertikale Richtung (18) ein Schlitten (19) angebracht ist, an dem die Meßsonde (10) befestigt ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß sie Einrichtungen (20, 25) zum Bestimmen der Position der Sonde (10) in die axiale Richtung des Brennstabs (1) der Kernbrennelementanordnung (15) aufweist, gebildet durch ein Lineal (20), das Maßstriche bzw. Bezugsstriche trägt, die in der axialen Richtung beabstandet sind, und einen Detektor (25) der Maßstriche des Lineals (20) aufweist.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß sie darüber hinaus wenigstens eine Videokamera (23, 24) zur Visualisierung eines Abschnitts (10a) der Sonde (10) aufweist, der dazu dient, in Kontakt mit dem Brennstab (1) zu kommen.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Wirbelstromsonde (10) aufweist:

- einen Hauptkörper (39), der auf einer Bewegungseinrichtung (19) der Sonde in die Axialrichtung des Brennstabs (1) befestigt ist,
- einen beweglichen Träger (37), der gleitbeweglich im Inneren des Hauptkörpers (39) der Sonde (10) in eine axiale Richtung (38) der Sonde senkrecht zur axialen Richtung des Brennstabs (1) der Brennelementanordnung (15) angebracht ist,
- eine Meßspule (35, 35') und einen Meßkopf (10a) in Kontakt mit einem Abschnitt der Meßspule (35, 35') und der dazu dient, in Kontakt mit dem Brennstab (1) der Brennelementanordnung (15) zu kommen, verbunden mit dem beweglichen Träger (37), und
- eine Rückdruckschraubenfeder (45) des beweglichen Trägers (37) und des Meßkopfes (10a) in eine Außerbetriebsstellung, welche zwischen dem Hauptkörper (39) und dem beweglichen Träger (37) der Sonde (10) eingezwängt ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßspule (35, 35') einen ersten Endabschnitt einer ersten Aufwicklung (35) im Inneren des Meßkopfes (10a), der dazu dient in Kontakt mit dem Brennstab

- (1) zu kommen, und einen zweiten Endabschnitt einer zweiten Aufwicklung (35') in der Nähe eines Eichrohres (44) aufweist, das identisch ist zu einem Abschnitt der Hülle des Brennstabs (1).
16. Vorrichtung nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßkopf (10a) eine Vertiefung aufweist, die dazu dient in die äußere Oberfläche der Hülle (2) des Brennstabs (1) einzugreifen.
  17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß der mobile Träger (37) und der Meßkopf (10a) auf dem Hauptkörper (39) angebracht sind, mit einer gewissen Bewegungsfreiheit in der Drehung um eine Achse des Hauptkörpers (39), die entlang der axialen Richtung (38) angeordnet ist.
  18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßkopf (10a) aus Zirkoniumoxid oder Zirkonoxid ist.
  19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßkopf (10a) abgephaste Abschnitte aufweist, deren Neigung bezüglich der axialen Richtung (38) identisch zur Neigung von Führungslaschen eines Umfangsgurtes eines Gitters der Brennelementanordnung ist.

04.03.99

EP 0 766 265

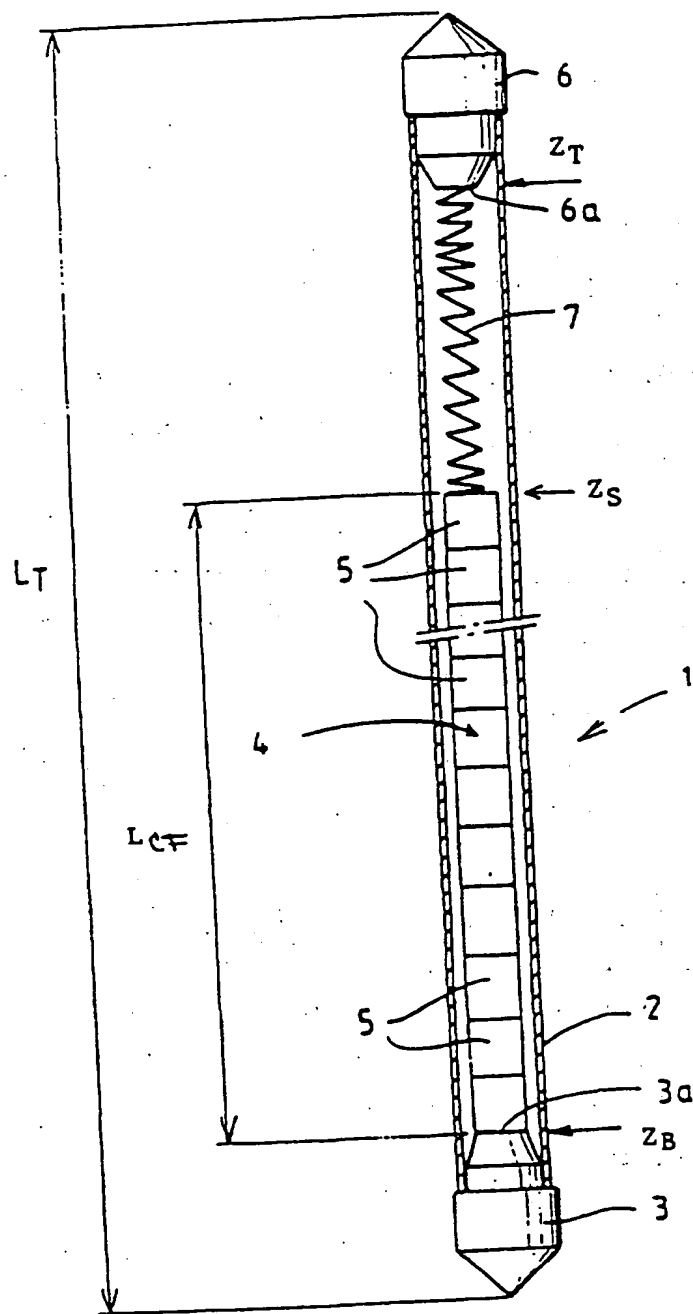


FIG. 1

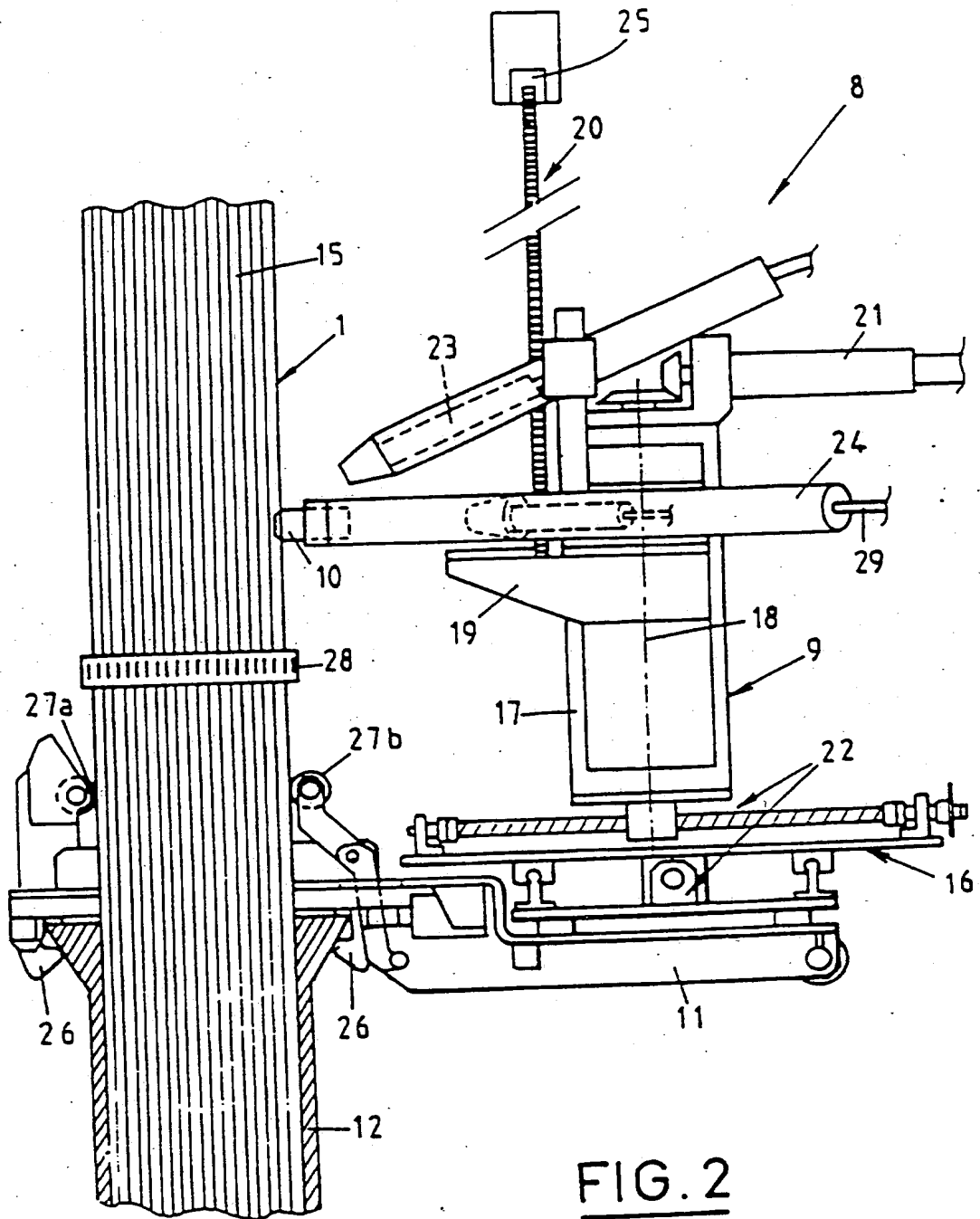


FIG. 2



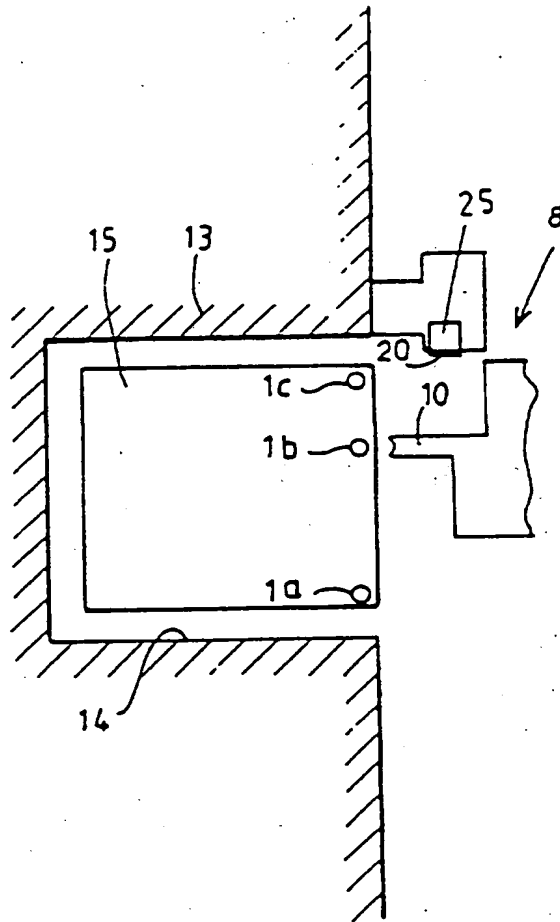


FIG. 2A

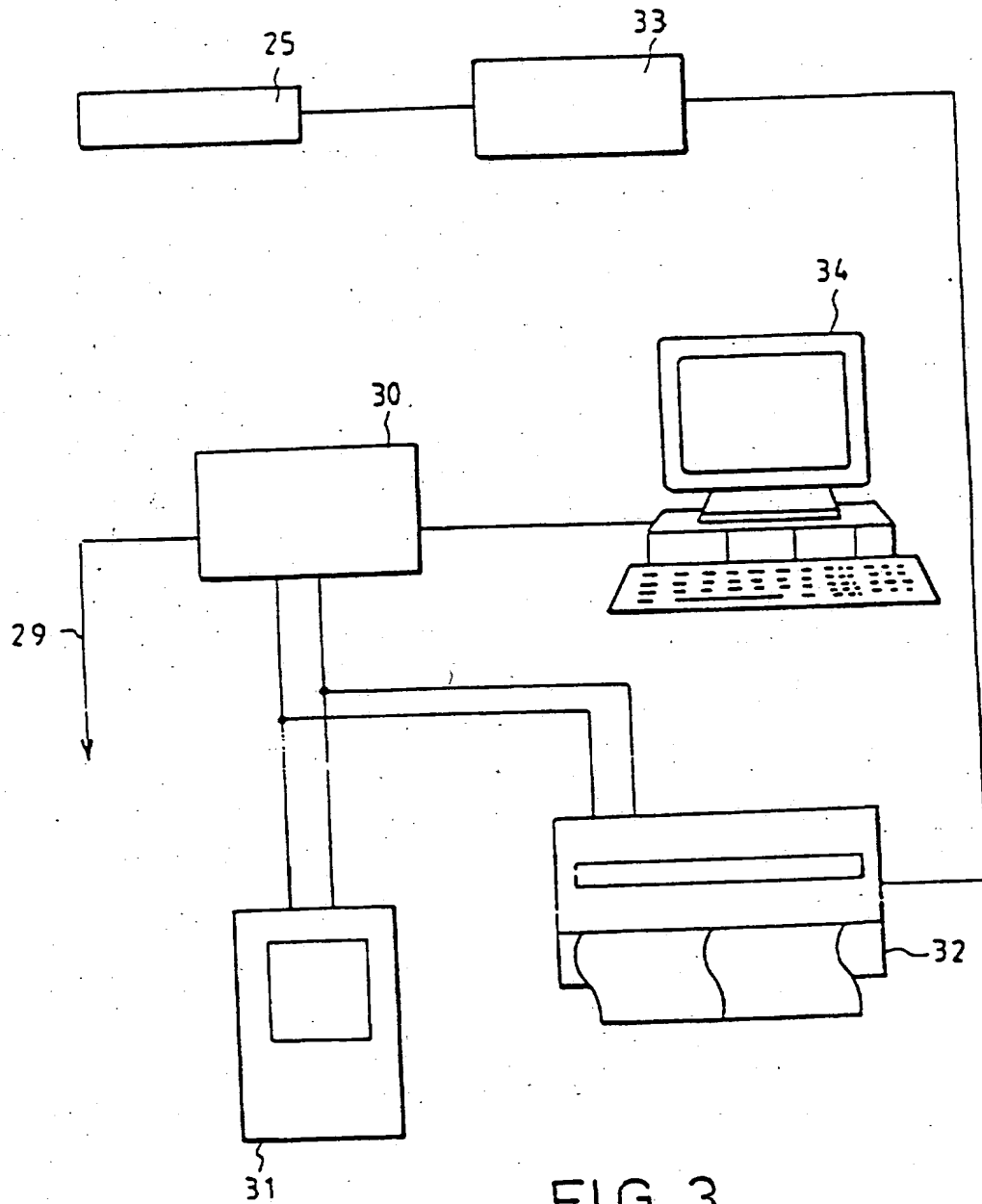
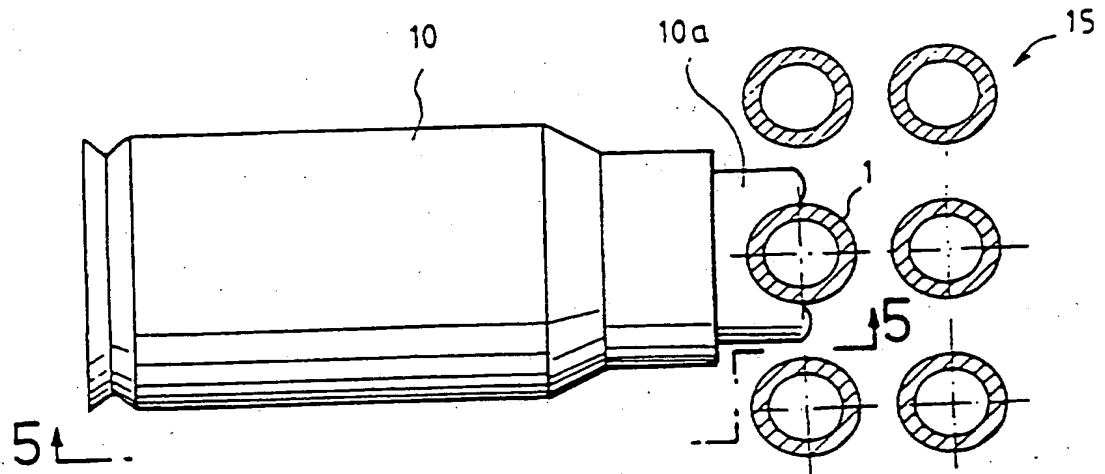
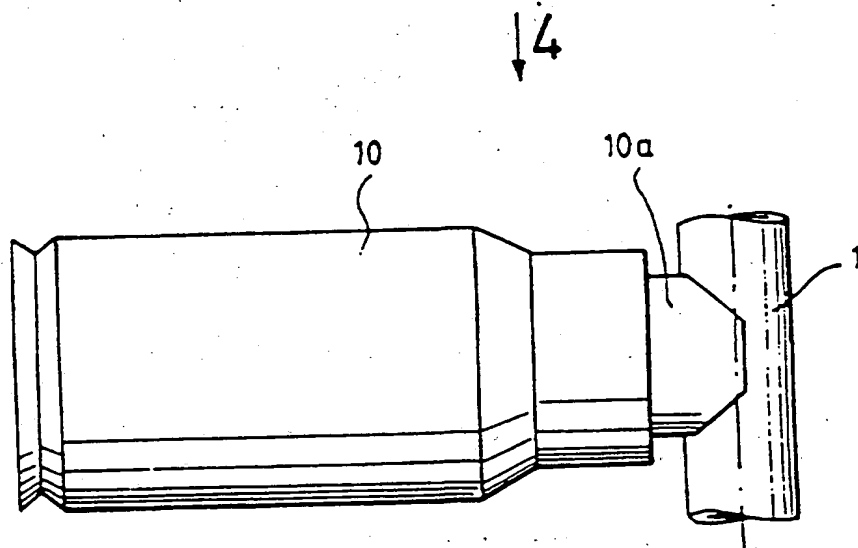
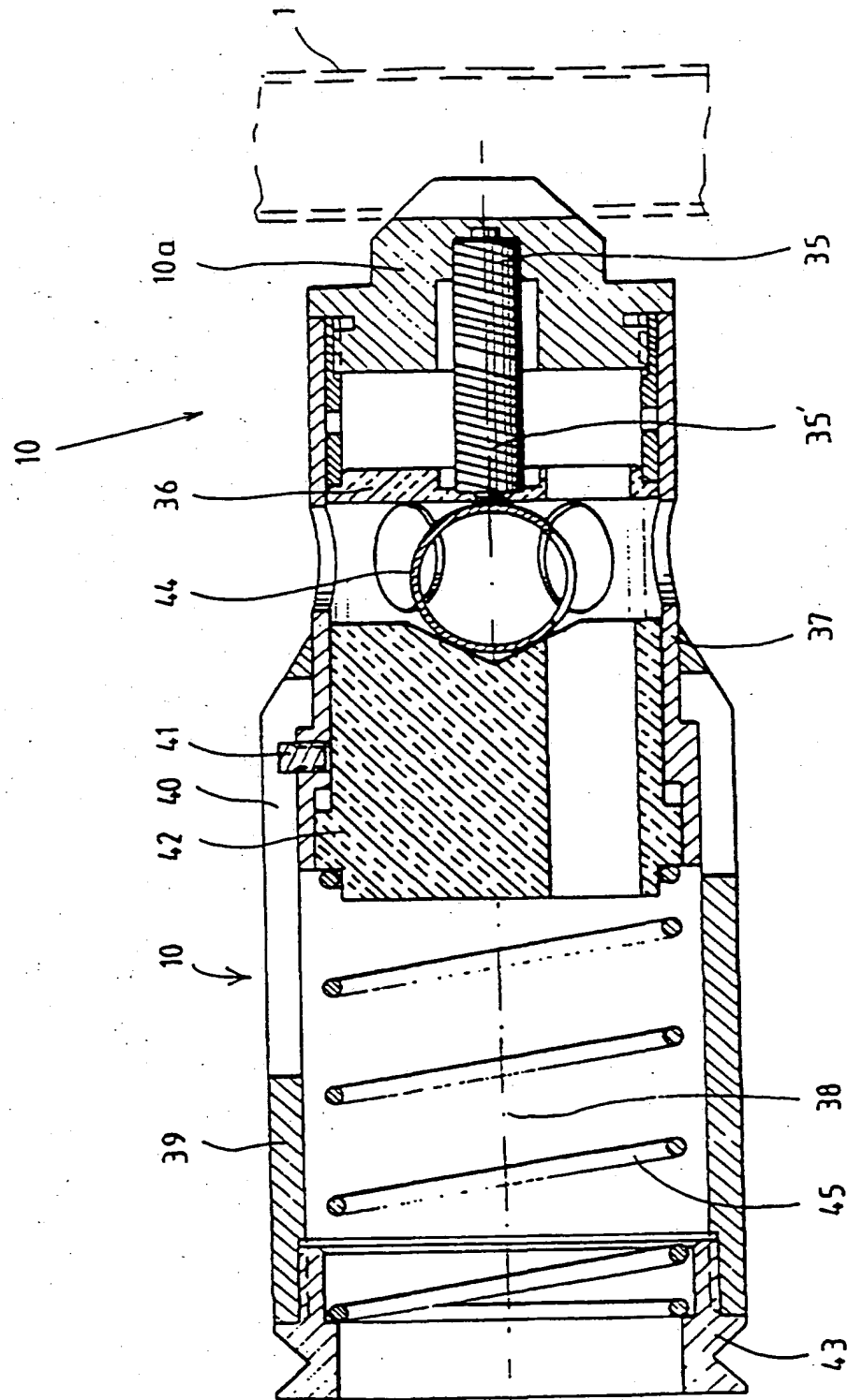


FIG. 3

FIG. 4FIG. 5

FIG. 6

04-03-99

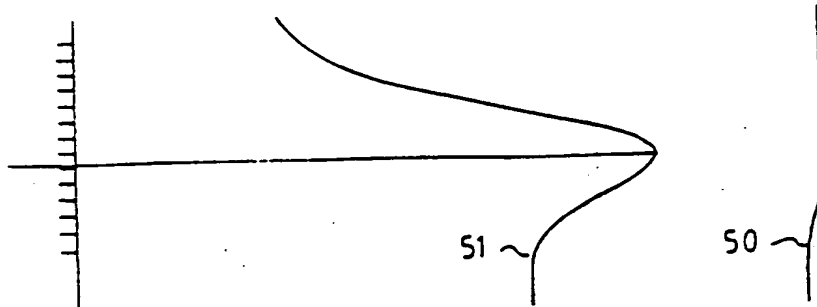


FIG. 7A

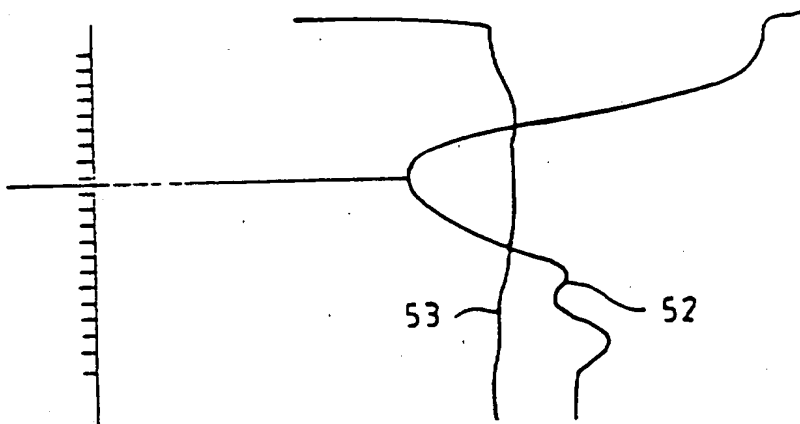
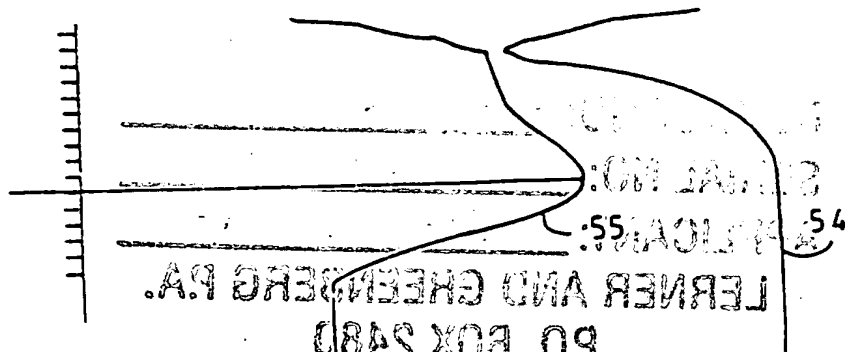


FIG. 7B



LERNER AND GREENBERG P.A.

P.O. BOX 2480

HOLLYWOOD, FL 33025

TEL. (324) 232-1100

THIS PAGE BLANK (USPTO)

DOCKET NO: TER-0000016

SERIAL NO: \_\_\_\_\_

APPLICANT: A. Busch et al.

LERNER AND GREENBERG P.A.

P.O. BOX 2480

HOLLYWOOD, FLORIDA 33022

TEL. (954) 925-1100